

연속가변 추력기용 구동장치 및 부하시험장비 개발

김남진* · 김형권* · 박현호* · 임진완** · 서석훈* · 박익수***

Actuator and load test system development for continuous variable thruster

Namjin Kim* · Hyoungkwon Kim* · Hyunho Park* · Jinwan Lim** · Sukhoon Suh* · Iksoo Park***

ABSTRACT

Continuous variable thrusters require precise thrust control to change the position or attitude of the aircraft and to control the pressure inside the combustion chamber. For this purpose, the thrust is adjusted by moving the pintle structure near the nozzle neck inside the combustion chamber by moving the pintle structure forward and backward, and the actuator is used to move the pintle structure. In this paper, we developed a actuator system for continuous variable thruster and load test system to simulate the load under operating conditions. Also, the performance test of the actuator was performed using the developed load test system

초 록

연속가변 추력기는 비행체의 위치 또는 자세 변경 및 연소실 내부의 압력 조절을 위하여 정밀 추력 조절이 요구된다. 이를 위하여 연소실 내부의 노즐 목 근처에 설치된 핀틀 구조물을 앞/뒤로 움직여 추력을 조절하고, 핀틀 구조물을 움직이기 위하여 구동장치를 사용한다. 본 논문에서는 연속가변 추력기용 구동장치를 개발하였으며, 운용조건에서의 부하를 모사하기 위한 부하시험장비를 개발하였다. 또한, 개발된 부하시험장비를 이용하여 구동장치의 성능 시험을 수행하였다.

Key Words: Continuous Variable Thruster(연속가변 추력기), Pintle(핀틀), Electric Acuator(전기식 구동장치), Load Test System(부하시험장비)

1. 서 론

연속가변 추력기는 고체 추진기관을 사용하는 비행체의 궤도 수정기능을 위해 사용되는 장치이다. 추진기관에서 발생하는 추력을 밸브를 통해 제어하여 비행체의 위치 또는 자세를 바꿀 수 있다[1,2]. 이때 노즐목을 통해 밸브로부터 나오는 추력을 조절하기 위해 셔터 또는 핀틀을

* (주)한화 종합연구소 핵심기술4팀

** 세연 E&S

*** ADD 4본부

† 교신저자, E-mail: nj.kim@hanwha.com

이용하며, 서터 또는 핀틀을 움직이기 위하여 구동장치를 사용한다[3]. 일반적인 추력기의 서터 또는 핀틀을 움직이는 구동장치는 전기식 또는 유압식 구동장치를 적용한다. 본 논문에서는 연속가변 추력기의 핀틀을 구동하기 위하여 전기식 구동장치를 개발하였으며, 연속가변 추력기 운용조건을 모사하기 위한 부하시험장비를 개발하였다. 또한, 부하인가조건에서 구동장치의 정적 제어성능 및 응답 특성을 확인한다.

2. 구동장치 및 부하시험장비 개발

2.1 시험환경 구성

구동장치 부하시험환경은 아래 Fig. 1과 같이 통제 PC(통제SW), 제어점검장비(제어SW), 전장BOX, 구동장치, 부하시험장비로 구성된다.

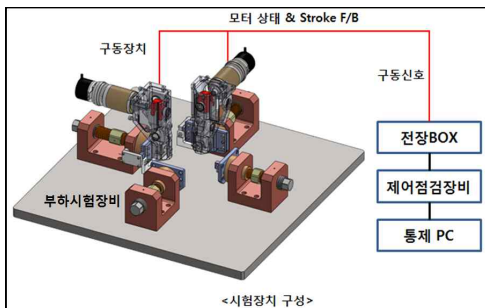


Fig. 1 시험환경 구성

사용자는 통제PC(통제SW)를 통해 제어점검장비로 구동 명령을 전송한다. 제어점검장비에서는 사용자의 구동 명령에 따라 구동 신호를 생성하여 전장Box내의 구동 드라이버로 전달하고, 구동 드라이버는 구동 신호에 따른 구동전력을 구동장치로 공급한다. 이 때, 사용자는 구동장치의 동작 상태를 통제PC(통제SW)를 통해 확인할 수 있다.

2.2 구동장치

본 논문에서 적용된 구동장치의 형상은 Fig. 2와 같다. 구동장치는 엔코더, 볼나사, 모터, 볼너

트, 링크, 핀틀연결기, 하우징으로 구성된다. 모터 회전에 따라 볼나사가 회전하고, 볼나사에 연결된 볼너트가 움직이게 된다. 볼너트의 움직임에 따라 볼너트와 연결된 링크가 링크 중심을 기준으로 회전하게 되며, 링크 하부에 연결된 핀틀 연결기가 구동하게 된다. 즉 볼너트가 앞으로 전진할 때 핀틀 연결기는 후진하게 되고, 볼너트가 후진할 때 핀틀 연결기는 전진하게 되는 구조를 가지고 있다.

핀틀의 위치 측정을 위하여 링크와 분압기를 기어로 연결하고 분압기 신호를 통해 핀틀의 위치 정보를 측정한다.

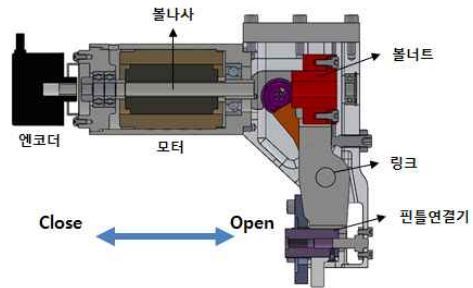


Fig. 2 구동장치 형상 및 구성

시험에 적용된 두 종류의 구동장치는 구성 및 동작원리는 동일하나, 필요 구동력 및 스트로크에 따라 다른 성능을 가지고 있다.

2.3 부하시험장비

부하를 모사하기 위해 아래 Fig 3과 같이 부하시험장비를 구성하였다. 부하시험장비는 핀틀 연결기와 부하시험장비의 축을 연결하여 구동장치의 움직임에 따라 스프링을 압축하고 이에 따른 부하가 발생하도록 구성되어 있다. 또한, 구동장치의 중립위치를 기준으로 Close 위치와 Open 위치를 구분하여 위치에 따라 다른 크기의 부하가 걸릴 수 있도록 스프링 상수가 다른 제품을 적용하여 부하를 모사하였다. Fig 4는 구동장치#1과 구동장치 #2에 적용된 부하시험장비의 구동장치 Stroke에 따른 부하 변화를 나타낸 그래프이다.

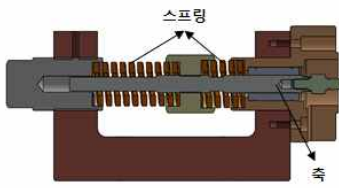
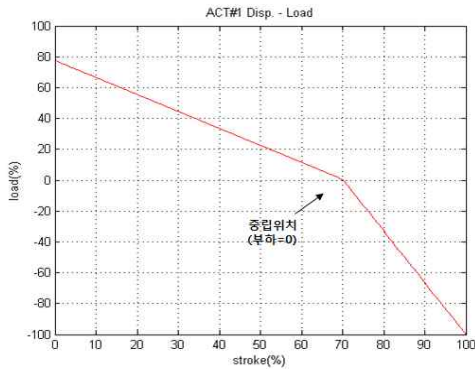
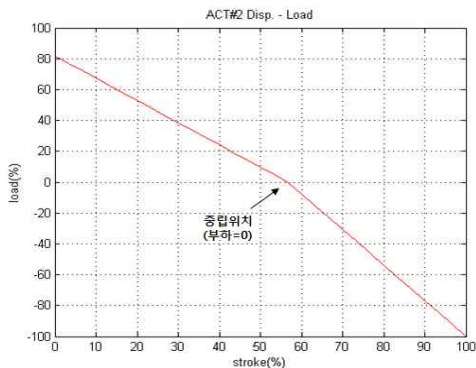


Fig. 3 부하시험장비 구성



(a) 구동장치#1 변위-부하



(b) 구동장치#2 변위-부하

Fig. 4 부하시험장비 설정 부하

2.4 제어점검장비 및 전장박스

제어점검장비와 전장박스의 내부는 Fig. 5와 같이 구성된다. 제어점검장비는 제어기와 점검장비로 구성되며, 전장박스는 4조의 구동장치를 제어하기 위한 컨트롤러 및 구동드라이버로 구성되어 있다.

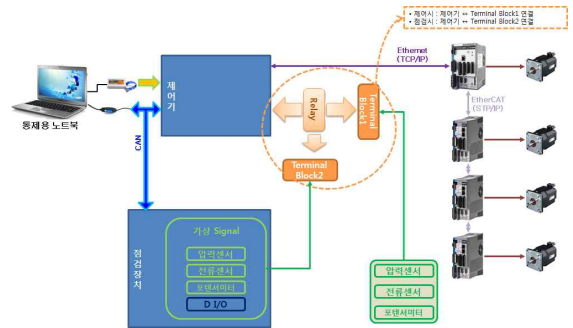


Fig. 5 제어점검장비 및 전장박스 구성

3. 시험 평가

3.1 시험 방안

본 논문에서 적용하는 정적 제어성능 및 응답 특성 검증을 위한 시험의 프로파일은 Table 1, 2와 같다. 구동장치와 부하시험장비를 조립하여 구동장치에 부하를 인가하고, 구동장치 성능시험을 위하여 통제PC(통제SW)를 통해 각각의 구동장치에 시험 프로파일을 입력하고 검증 시험을 수행한다.

정적 제어성능 시험은 구동장치의 Stroke를 20%씩 증가시키고 3초간 유지한 상태에서 각 위치에서의 구동장치의 정적 제어 성능을 확인한다. 응답 특성 시험은 구동장치의 Stroke변화량을 20%씩 증가시키고 위치 변화 과정에서의 구동장치의 응답 특성을 확인한다.

Table 1. 정적 제어성능 평가

시간(sec)	3	6	9	12	15	18
Stroke(%)	0	20	40	60	80	100

Table 2. 응답 특성 평가

시간(sec)	21	24	27	30	33	36
Stroke(%)	0	20	0	40	0	60
시간(sec)	39	42	45	48	51	
Stroke(%)	0	80	0	100	0	

3.2 시험 결과

개발된 연속가변 추력기 구동장치 부하시험장비를 이용하여 부하인가조건에서 시험 프로파일에 따라 정적 제어성능 및 응답 특성 시험을 통해 구동장치의 성능 평가를 수행하였다.

Fig. 6, Fig. 7은 구동장치#1에 대한 부하인가 조건에서의 시험 결과로서, 시간에 따른 구동장치 스트로크 변화량 및 부하의 변화량에 대하여 확인할 수 있다.

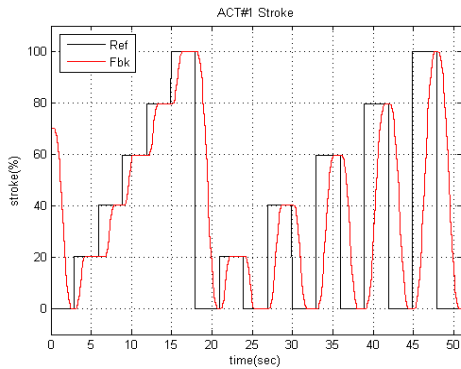


Fig. 6 구동장치#1 시험결과(Stroke)

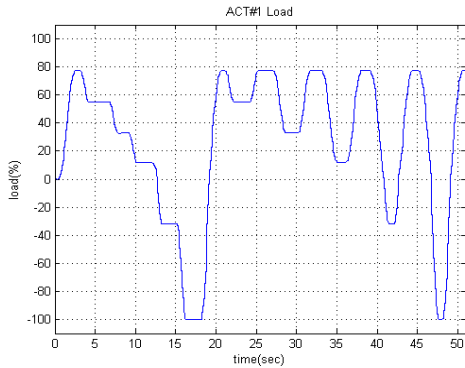


Fig. 7 구동장치#1 시험결과(Load)

Fig. 8, Fig. 9는 구동장치#2에 대한 부하인가 조건에서의 시험 결과로서, 시간에 따른 구동장치 스트로크 변화량 및 부하의 변화량에 대하여 확인할 수 있다.

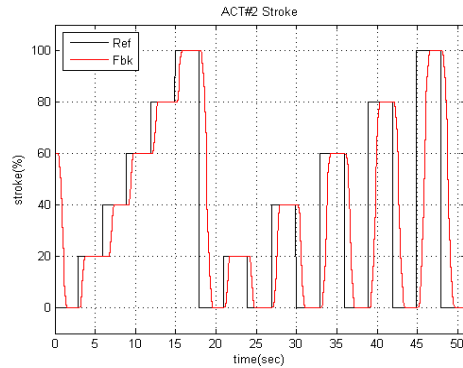


Fig. 8 구동장치#2 시험결과(Stroke)

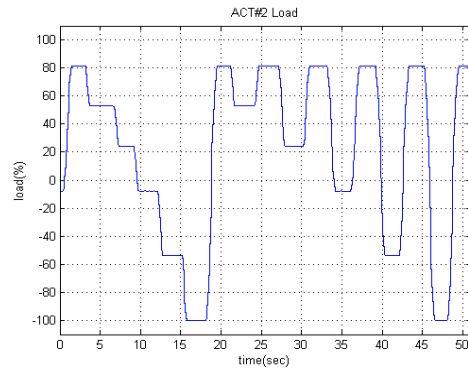


Fig. 9 구동장치#2 시험결과(Load)

4. 결론

본 논문에서는 연속가변 추력기용 구동장치 및 부하시험장비를 개발하고 시험평가를 수행하였다. 추력기의 시험환경을 고려하여 구동장치 및 부하시험장비의 요구조건을 설정하고 이에 따라 설계, 제작 하였다. 제작된 구동장치 및 부하시험장비는 정적제어성능 및 응답 특성 시험을 통하여 검증하였다.

향후 제어알고리즘 개선 및 제어 게인 튜닝등을 통하여 제어성능을 보완하고, 주파수응답특성 시험등을 통하여 추가적인 검증을 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 김성수, 허환일, 이호성, "다축 핀틀 추력기 구동 메카니즘의 특허 분석," 한국추진공학회 2012년 춘계학술대회 논문집, pp. 262-267, 2012.
2. 한혁섭, 박의용, 김동진, 손영일 "고기동 추진기관의 노즐 개방형 측추력기 개발," 한국추진공학회 2013년도 춘계 학술대회 논문집, pp. 85-90, 2013.
3. 이재청, 허환일, 이호성, "다축 핀틀 추력기의 추력제어 개념 설계," 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, pp. 277-280, 2013.